

I. KAPITEL

Definitionen und Problemstellung

a) Definitionen

Der Ort eines Punktes an der Erdoberfläche kann durch die folgenden drei Koordinaten bestimmt werden:

1. durch die wahre Meereshöhe des Punktes, das ist der in der Lotlinie gemessene Abstand des Punktes vom Geoid;
2. durch den Winkel Φ , den die Lotrichtung im Punkt mit der Parallelen zur Umdrehungsachse der Erde bildet;
3. durch den Winkel λ , den die durch Lotrichtung und Parallele zur Umdrehungsachse bestimmte Ebene, das ist die Meridianebene, mit einer als Ausgang gewählten Meridianebene bildet.

Es ist eine Aufgabe der Geodäsie, die Meereshöhen zu bestimmen; wir werden uns mit ihr nicht beschäftigen, sondern nur zeigen, wie man die an zweiter und dritter Stelle genannten Richtungskordinaten ermittelt. Φ ist die Zenitdistanz des Pols oder die Poldistanz des Zenites und somit das Komplement der Höhe des Pols über dem Horizont oder der geographischen Breite. Die Werte von Φ können wir auf das Intervall von 0° bis 180° beschränken, wenn wir den Winkel λ von 0° bis 360° (in Zeitmaß von 0^h bis 24^h) gehen lassen. Ist φ die Polhöhe, die wir auf der Nordhemisphäre positiv nehmen, so besteht zwischen Φ und φ die Beziehung

$$\Phi + \varphi = 90^\circ.$$

λ ist die geographische Länge des Punktes; wir nehmen sie nach Osten positiv, entgegen der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne.

Zur vollständigen Orientierung an einem Punkt der Erdoberfläche gehört die Kenntnis der Lage der Meridianebene; man gibt sie an durch das Azimut der Richtung nach einem irdischen Objekt, das ist der Winkel, den die durch die Lotrichtung und das Objekt gelegte Vertikalebene mit der Meridianebene bildet. Wir rechnen das Azimut a oder A einer Richtung vom Südpunkt des Horizontes über Westen von 0° bis 360° .

Weder die Winkel Φ und A noch das Azimut a oder A lassen sich direkt durch eine Messung ermitteln; die Erscheinung, die uns auf indirektem Weg zur Kenntnis dieser Größen führt, ist die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne. Das Hauptinstrument, das uns zur Lösung der Aufgaben der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung verhilft, ist deshalb eine *Uhr*. Wir setzen voraus, daß die bei den Messungen benützte Uhr nach Sternzeit reguliert sei, das heißt, daß ihr Stand gegen Sternzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des wahren Frühlingspunktes durch den Meridian um genau 24^h zunehme. Ist das nicht der Fall, so ist an den Uhrablesungen eine Korrektur anzubringen, durch die sie auf die Annahme, daß der Gang gleich null sei, reduziert werden. Die hierzu nötige Kenntnis des Uhrganges erhält der Beobachter heute leicht durch die Vergleichung seiner Uhr mit den von verschiedenen Stationen drahtlos ausgesendeten Zeitzeichen.

Außer der Uhr muß dem Beobachter ein Instrument zur Verfügung stehen, das ihm erlaubt, den Durchgang eines Gestirnes entweder durch einen bestimmten Vertikal oder durch einen bestimmten Almukantarat zu beobachten. Benützt er dazu einen astronomischen Theodoliten, so kann er am Horizontalkreis die zum Vertikaldurchgang und am Vertikalkreis die zum Almukantaratdurchgang gehörige Stellung der Visierlinie des Fernrohres ablesen; direkt meßbar sind aber nur Differenzen von Azimutwinkeln oder Differenzen von Zenitdistanzen. Wird dagegen zur Beobachtung ein genau justiertes Passageninstrument benützt, so ist das Resultat der Beobachtung nur die Uhrzeit des Durchganges des Sternes entweder durch eine bestimmte Vertikalebene (Vertikaldurchgang) oder durch einen bestimmten Almukantarat (Almukantaratdurchgang).

Den an der Uhr abgelesenen Moment des Durchganges durch einen Almukantarat oder Vertikal bezeichnen wir mit dem Symbol U . Die äquatorialen Koordinaten des Gestirnes, das wir beobachten, setzen wir als bekannt voraus; es sei α die scheinbare Rektaszension (AR) und β das Komplement der scheinbaren Deklination δ , das heißt die Poldistanz. Ist u die Uhrkorrektur und Θ die Sternzeit im Moment U der Uhrzeit, so ist

$$\Theta = U + u$$

und der Stundenwinkel t gleich

$$t = U + u - \alpha.$$

Im sphärischen Dreieck, dessen Eckpunkte der Pol P des Äquators, das Zenit Z und der Ort S des Gestirnes sind, wird dann die Seite $ZS = z$ gleich der wahren Zenitdistanz des Gestirnes; sie wird mit den beiden anderen Seiten β und Φ und mit dem gegenüberliegenden Winkel t durch den Cosinussatz verbunden:

$$\cos z = \cos \beta \cos \Phi + \sin \beta \sin \Phi \cos t. \quad (1)$$

Das Supplement des Azimutes a des Gestirnes bildet mit den Seiten Φ und ρ und mit dem Winkel t vier aufeinanderfolgende Stücke des Dreieckes; sie werden durch den Cotangentensatz miteinander verbunden:

$$\cotg \rho \sin \Phi = \cos \Phi \cos t - \sin t \cotg a. \quad (2)$$

Diese beiden Beziehungen sind die Grundformeln, die den Aufgaben der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung, welche wir behandeln werden, zugrunde liegen; sie sagen aus:

Es kann bei bekanntem Sternort die Polhöhe oder der Stundenwinkel entweder aus der Zenitdistanz z oder aus dem Azimut a des Gestirnes abgeleitet werden; soll die Polhöhe ermittelt werden, so muß der Stundenwinkel bekannt sein, und soll der Stundenwinkel ermittelt werden, so muß die Polhöhe bekannt sein.

Um die Länge Λ zu bestimmen, ist der Beobachter auf die Mitarbeit eines Beobachters im Ausgangsmeridian angewiesen. Hat das Gestirn an einem Punkt der Erdoberfläche, dessen Lotrichtung in der zum Ausgangsmeridian parallelen Ebene liegt, den Stundenwinkel t_0 im Moment, wo es gegenüber dem Meridian der Länge Λ den Stundenwinkel t hat, so ist

$$\Lambda = t - t_0,$$

oder, wenn man die Stundenwinkel t und t_0 auf die Sternzeiten Θ und Θ_0 und die Rektaszension des Gestirnes zurückführt:

$$\begin{aligned} t &= \Theta - \alpha, \\ t_0 &= \Theta_0 - \alpha, \\ \Lambda &= \Theta - \Theta_0, \end{aligned} \quad (3a)$$

oder schließlich, wenn man die Sternzeiten auf die Uhrzeiten U und U_0 der beiden Beobachter und die Korrekturen u und u_0 ihrer Uhren zurückführt:

$$\begin{aligned} \Theta &= U + u, \\ \Theta_0 &= U_0 + u_0, \\ \Lambda &= (U - U_0) + (u - u_0). \end{aligned} \quad (3b)$$

Die Bestimmung der Länge ist damit auf die Bestimmung der Uhrkorrektur an den beiden Meridianen und auf die Vergleichung der demselben Moment entsprechenden Uhrzeiten zurückgeführt. Die Vergleichung der Uhrzeiten bietet dank den Zeitsignalen, die – unter normalen Friedensverhältnissen – von einer größeren Zahl über die Erde verteilter Stationen drahtlos ausgesendet werden, keine Schwierigkeiten.